



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 09-01

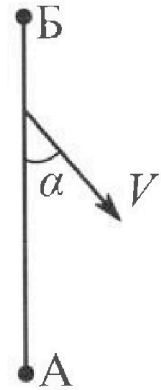


В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Беспилотные летательные аппараты применяют для доставки полезных грузов. Продолжительность полета аппарата по маршруту $A \rightarrow B$ в безветренную погоду составляет $T_0=400$ с. Расстояние AB равно $S=9,6$ км.

1. Найдите скорость U аппарата в спокойном воздухе.

Допустим, что в течение всего времени полета ветер дует с постоянной скоростью $V = 16$ м/с под углом α к прямой AB (см. рис.) таким, что $\sin \alpha = 0,6$.



2. Найдите продолжительность T_1 полета по маршруту $A \rightarrow B$ в этом случае. Скорость аппарата относительно воздуха постоянна и равна U .

3. При каком значении угла α продолжительность полета по маршруту $A \rightarrow B \rightarrow A$ максимальная? Движение аппарата прямолинейное.

4. Найдите максимальную продолжительность T_{MAX} полета по маршруту $A \rightarrow B \rightarrow A$. Движение аппарата прямолинейное.

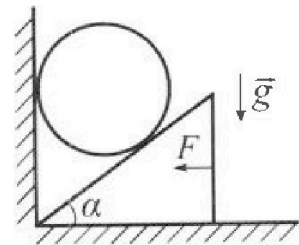
2. Школьник наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Модуль скорости мяча через $t_1 = 1$ с и $t_2 = 2$ с после старта одинаков. За этот промежуток времени вектор скорости повернулся на угол $2\beta = 60^\circ$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

1. Найдите продолжительность T полета от старта до падения на площадку.

2. Найдите максимальную высоту H полета.

3. Найдите радиус R кривизны траектории в момент времени $t_1 = 1$ с.

3. Клин с углом при вершине $\alpha = 30^\circ$ находится на горизонтальной поверхности. На наклонной плоскости клина покоится однородный шар (см. рис.), касающийся вертикальной стенки. Массы шара и клина одинаковы и равны $m=1$ кг. Трения нет. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1. Найдите горизонтальную силу F , которой систему удерживают в покое.

Силу F снимают, шар и клин приходят в поступательное прямолинейное движение с нулевой начальной скоростью. После перемещения по вертикали на $H=0,8$ м шар абсолютно упруго сталкивается с горизонтальной поверхностью.

2. Найдите перемещение h шара после соударения до первой остановки.

3. Найдите ускорение a клина в процессе разгона.

4. При каком значении угла α ускорение клина максимальное?

5. Найдите максимальное ускорение a_{MAX} клина.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

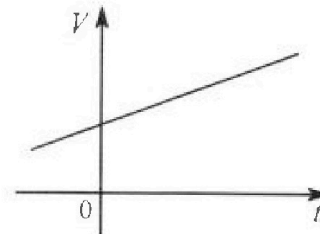
Вариант 09-01



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

4. На шкале ртутного термометра расстояние между отметками $t_1 = 35^\circ\text{C}$ и $t_2 = 42^\circ\text{C}$ равно $L=5$ см. В термометре находится $m=2$ г ртути.

Экспериментально установлено, что с ростом температуры объем ртути увеличивается по линейному закону. График зависимости объема V ртути от температуры t , измеренной в градусах Цельсия, представлен на рисунке к задаче. При температуре $t_{100} = 100^\circ\text{C}$ объем ртути в $\beta = 1,018$ раза больше объема ртути при $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Плотность ртути при температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$ считайте равной $\rho = 13,6$ г/см³. Тепловое расширение стекла пренебрежимо мало.

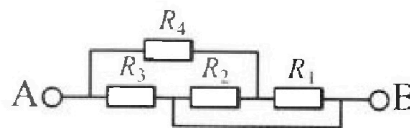


1. Следуя представленным опытным данным, запишите формулу зависимости объема $V(t)$ ртути от температуры t , измеренной в градусах Цельсия. Формула должна содержать величины: m , ρ , β , t_0 , t_{100} , t .
2. Найдите приращение ΔV объема ртути при увеличении температуры от $t_1 = 35^\circ\text{C}$ до $t_2 = 42^\circ\text{C}$. В ответе приведите формулу и число в мм³.
3. Найдите площадь S поперечного сечения капилляра термометра. Ответ представьте в мм².

5. В цепи, схема которой представлена на рисунке к задаче, сопротивления резисторов $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 20$ Ом, $R_3 = 10$ Ом, $R_4 = 6$ Ом.

1. Найдите эквивалентное сопротивление $R_{ЭКВ}$ цепи.

Контакты А и В подключают к источнику постоянного напряжения $U=10$ В.



2. Найдите мощность P , которая рассеивается на всей цепи.
3. На каком резисторе рассеивается наименьшая мощность? Найдите эту наименьшую мощность P_{MIN} .



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

$$T_0 = 4000$$

$$S = 9,6 \text{ km}$$

$$u = 16 \frac{\text{m}}{\text{c}}$$

$$\sin \alpha = 0,6$$

$v = ?$

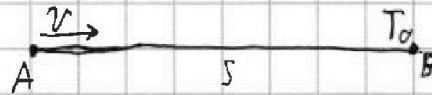
$T_1 = ?$

$\alpha_0 = ?$

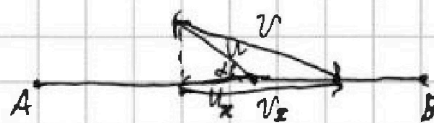
$T_{\text{max}} = ?$

N 1.

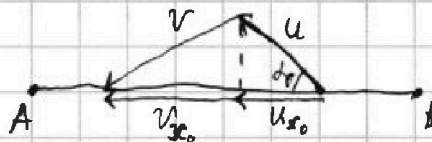
Без ветра:



С ветром A → B:



С ветром B → A:



$$1. v = \frac{S}{T_0} = 24 \frac{\text{m}}{\text{c}}$$

$$2. T_1 = \frac{S}{v_x - u_x}$$

$$u_x = u \cdot \cos \alpha$$

$$v_x = \sqrt{v^2 - (u \cdot \sin \alpha)^2}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

~~$$T_1 = \frac{S}{\sqrt{v^2 - (u \cdot \sin \alpha)^2} - u \cdot \cos \alpha}$$~~

$$T_1 = \frac{S}{\sqrt{v^2 - (u \cdot \sin \alpha)^2} - u \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}$$

~~$$= \frac{9600}{\sqrt{24^2 - (16 \cdot 0,6)^2} - 16 \cdot 0,8} = \frac{9600}{\sqrt{576 - 86,4} - 12,8} = \frac{9600}{21,6 - 12,8} = \frac{9600}{8,8} = 1090,9 \text{ c}$$~~

~~$$T_2 = \frac{S}{\sqrt{v^2 - (u \cdot \sin \alpha)^2} + u \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{9600}{\sqrt{24^2 - (16 \cdot 0,6)^2} + 16 \cdot 0,8} = \frac{9600}{21,6 + 12,8} = \frac{9600}{34,4} = 279,1 \text{ c}$$~~

$$T_{\text{max}} = \frac{2 \cdot S \cdot v}{v^2 - u^2} = \frac{2 \cdot 9600 \cdot 24}{24^2 - 16^2} = \frac{460800}{576 - 256} = \frac{460800}{320} = 1440 \text{ c}$$

$$3. T_{\text{max}} = \frac{S}{\sqrt{v^2 - (u \cdot \sin \alpha)^2} - u \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} + \frac{S}{\sqrt{v^2 - (u \cdot \sin \alpha)^2} + u \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}$$

$$= \frac{2 S \sqrt{v^2 - (u \cdot \sin \alpha)^2}}{v^2 - (u \cdot \sin \alpha)^2 - u^2 + (u \cdot \sin \alpha)^2} = \frac{2 S \sqrt{v^2 - (u \cdot \sin \alpha)^2}}{v^2 - u^2}$$

$T_{\text{max}} = \text{max}$, при $\sin \alpha = 0$
 $\alpha = 0^\circ$
 $\alpha_0 = 0$

~~$$T_{\text{max}} = \frac{2 \cdot S \cdot v}{v^2 - u^2} = \frac{2 \cdot 9600 \cdot 24}{24^2 - 16^2} = \frac{460800}{576 - 256} = \frac{460800}{320} = 1440 \text{ c}$$~~

$$T_{\text{max}} = \frac{2 S \cdot v}{v^2 - u^2} = \frac{2 \cdot 9600 \cdot 24}{8^2 \cdot 5} = \frac{3 \cdot 2400}{5} = 1440 \text{ c}$$

Ответ: $v = 24 \frac{\text{m}}{\text{c}}$, $T_1 = \frac{6000}{3\sqrt{27}-8}$, $\alpha_0 = 0^\circ$, $T_{\text{max}} = 1440 \text{ c}$.



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

$$t_1 = 1 \text{ c}$$

$$t_2 = 2 \text{ c}$$

$$2\beta = 60^\circ$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2|$$

T - ?

H - ?

$R_{\text{кр}}$ - ?

N 2.

Решение.

Если в плоскости модули скорости равны в разные моменты времени, то мяч

в эти моменты находится на

одной высоте относительно земли.

$$T = t_1 + (t_2 - t_1) + t_1 = t_1 + t_2 = 3 \text{ c}$$

$$t_3 = t_1 + (t_2 - t_1) = \frac{t_1 + t_2}{2} = 1,5 \text{ c}$$

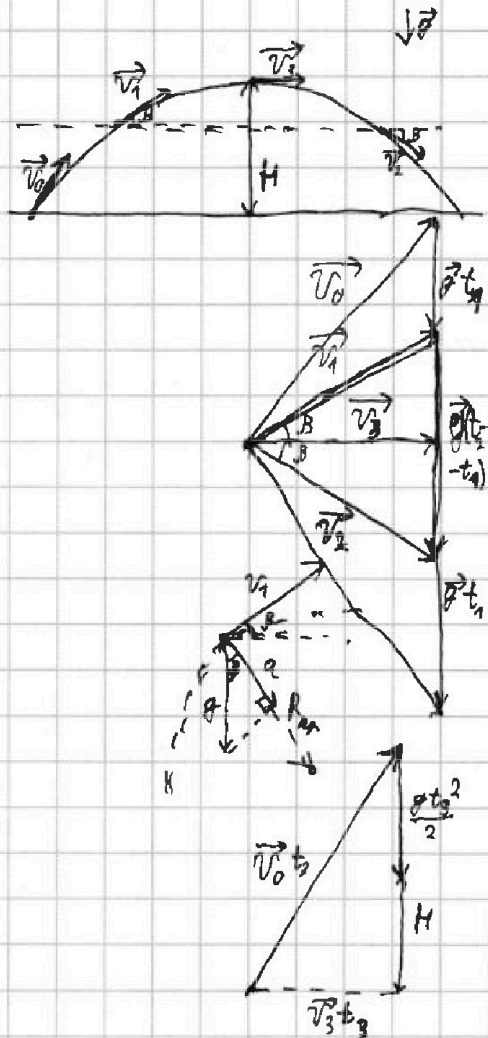
$$H = \frac{g t_3^2}{2} = \frac{10 \cdot 1,5^2}{2} = \frac{10 \cdot 2,25}{2} = \frac{22,5}{2} = 11,25 \text{ м}$$

$$g(t_2 - t_1)^2 = v_1^2 + v_2^2 - 2 \cdot \cos 2\beta \cdot v_1 \cdot v_2$$

$$v_1 = g \cdot (t_2 - t_1) = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \alpha = \cos \beta \cdot g = 5\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$R_{\text{кр}} = \frac{v_1^2}{\alpha} = \frac{100}{5\sqrt{3}} \text{ м} = \frac{20\sqrt{3}}{3} \text{ м}$$

Ответ: $T = 3 \text{ c}$, $H = 11,25 \text{ м}$, $R_{\text{кр}} = \frac{20\sqrt{3}}{3} \text{ м}$.



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- 1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№ 3

Дано

$$\alpha = 30^\circ$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$F = ?$$

$$h = ?$$

$$\alpha = ?$$

$$\alpha_{\text{max}} = ?$$

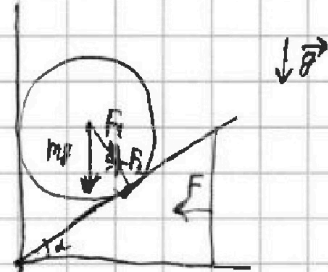
$$F_1 = F_2$$

$$F_1 = mg \cdot \cos 30^\circ$$

$$F_2 = F \cdot \sin 30^\circ$$

$$F = \frac{mg \cdot \cos 30^\circ}{\sin 30^\circ} = 8.7 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

ответ: $F =$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№4.

Дано:

$t_1 = 35^\circ\text{C}$ $V_{100} = V_0 \cdot \beta$ $V_0 = \frac{m}{\rho}$

$t_2 = 42^\circ\text{C}$ $V_{100} = V_0 + \alpha \cdot (t_{100} - t_0)$

$L = 5 \text{ см}$ $V_0(\beta - 1) = \alpha \cdot (t_{100} - t_0)$

$m = 2 \text{ г}$

$t_{100} = 100^\circ\text{C}$ $\alpha = \frac{m(\beta - 1)}{(t_{100} - t_0) \cdot \rho}$

$\beta = 1,018$

$V_{100} = V_0 \cdot \beta$

$t_0 = 0^\circ\text{C}$

$\rho = 13,6 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

$V(t) = \alpha \cdot t + V_0 = \frac{m}{\rho} + \frac{m(\beta - 1)}{(t_{100} - t_0) \cdot \rho} \cdot t$

$= \frac{m}{\rho} \left(1 + \frac{(\beta - 1)t}{t_{100} - t_0} \right)$

$\Delta V = V(t_2) - V(t_1) = \frac{m}{\rho} \left(1 + \frac{(\beta - 1)t_2}{t_{100} - t_0} \right) - \frac{m}{\rho} \left(1 + \frac{(\beta - 1)t_1}{t_{100} - t_0} \right) = \frac{m(\beta - 1)(t_2 - t_1)}{\rho(t_{100} - t_0)}$

$= \frac{2 \cdot 0,018 \cdot 7}{13,6 \cdot 100} \text{ см}^3 = \frac{2 \cdot 0,018 \cdot 7 \cdot \text{см}^3}{10000 \cdot 13,6} = \frac{53}{34 \cdot 10000} \text{ см}^3 = \frac{53}{340} \text{ см}^3$

$S = \frac{\Delta V}{L} = \frac{53}{340 \cdot 50} \text{ мм}^2 = \frac{53}{17000} \text{ мм}^2$

Ответ: $V(t) = \frac{m}{\rho} \left(1 + \frac{(\beta - 1)t}{t_{100} - t_0} \right)$, $\Delta V = \frac{m(\beta - 1)(t_2 - t_1)}{\rho \cdot (t_{100} - t_0)} = \frac{53}{340} \text{ см}^3$,
 $S = \frac{53}{17000} \text{ мм}^2$.



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

$$R_1 = 5 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 20 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 10 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 5 \text{ Ом}$$

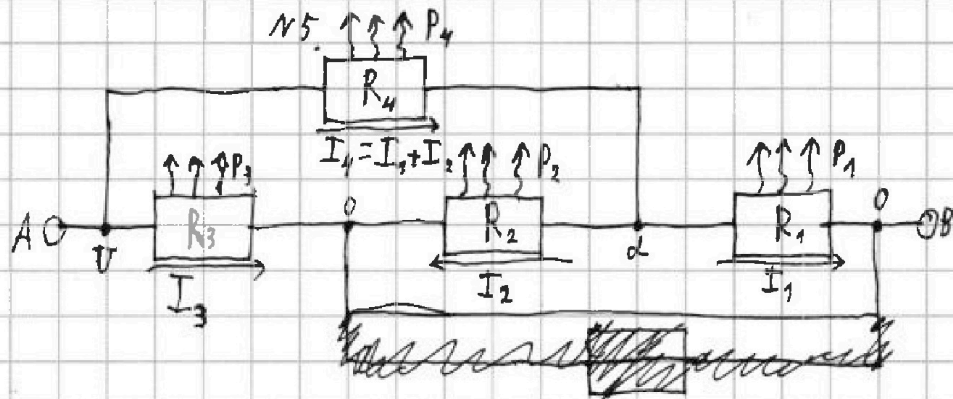
Схема

$$U = 10 \text{ В}$$

$R_{\text{экв}} = ?$

$P = ?$

$P_{\text{min}} = ?$



Резистор n имеет сопротивление R_n , силу тока через него равна I_n , а также на нем рассеивается мощность P_n .

$$1) \left\{ \begin{array}{l} I_1 = \frac{d-0}{R_1} \\ I_2 = \frac{d-0}{R_2} \\ I_3 = \frac{U-0}{R_3} \\ I_4 = \frac{U-d}{R_4} \\ I_4 = I_1 + I_2 \end{array} \right. \quad 2) \frac{U-d}{R_4} = \frac{d-0}{R_1} + \frac{d-0}{R_2}$$

$$U \cdot (R_1 R_2) = d(R_1 R_2 + R_1 R_4 + R_2 R_4)$$

$$d = \frac{U \cdot R_1 R_2}{R_1 R_2 + R_1 R_4 + R_2 R_4} = \frac{10 \text{ В} \cdot 100 \text{ Ом}^2}{100 \text{ Ом}^2 + 30 \text{ Ом}^2 + 120 \text{ Ом}^2} = 4 \text{ В}$$

$$3) \left\{ \begin{array}{l} I_1 = \frac{d-0}{R_1} = 0,8 \text{ А} \\ I_2 = \frac{d-0}{R_2} = 0,2 \text{ А} \end{array} \right.$$

$$I_3 = \frac{U-0}{R_3} = 1 \text{ А} \quad I_4 = \frac{U-d}{R_4} = 1 \text{ А} \quad R_{\text{экв}} = \frac{U}{I_{\text{сеч}}} = \frac{U}{I_3 + I_4} = 5 \text{ Ом}$$

$$4) P_1 = (d-0) \cdot I_1 = 3,2 \text{ Вт} \quad P_2 = (d-0) \cdot I_2 = 0,8 \text{ Вт} \quad P_3 = (U-0) \cdot I_3 = 10 \text{ Вт}$$

$$P_4 = (U-d) \cdot I_4 = 6 \text{ Вт} \quad P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 20 \text{ Вт} \quad P_{\text{min}} = P_2 = 0,8 \text{ Вт}$$

Ответ: $R_{\text{экв}} = 5 \text{ Ом}$, $P = 20 \text{ Вт}$, $P_{\text{min}} = 0,8 \text{ Вт}$.

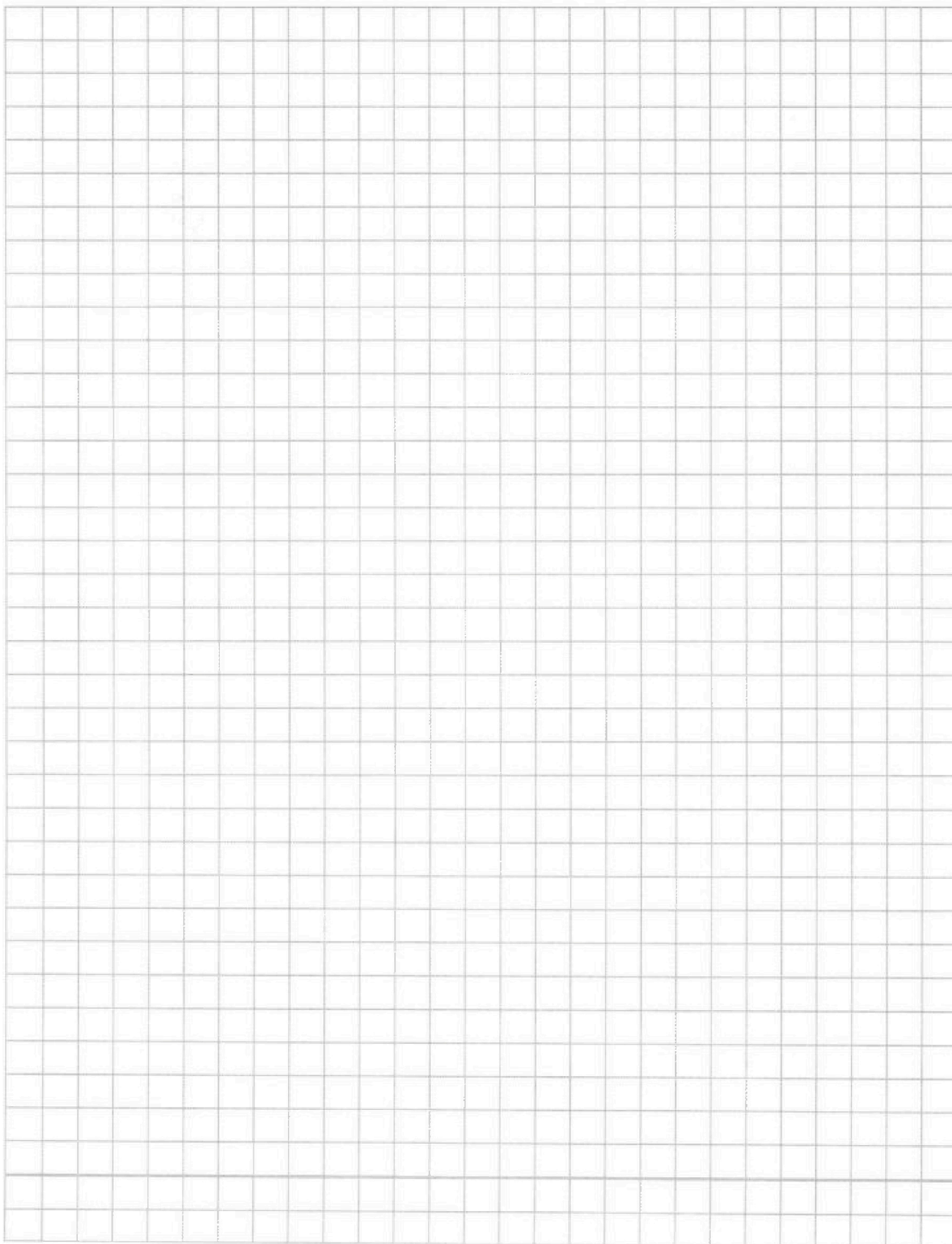


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

СТРАНИЦА
_ ИЗ _

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



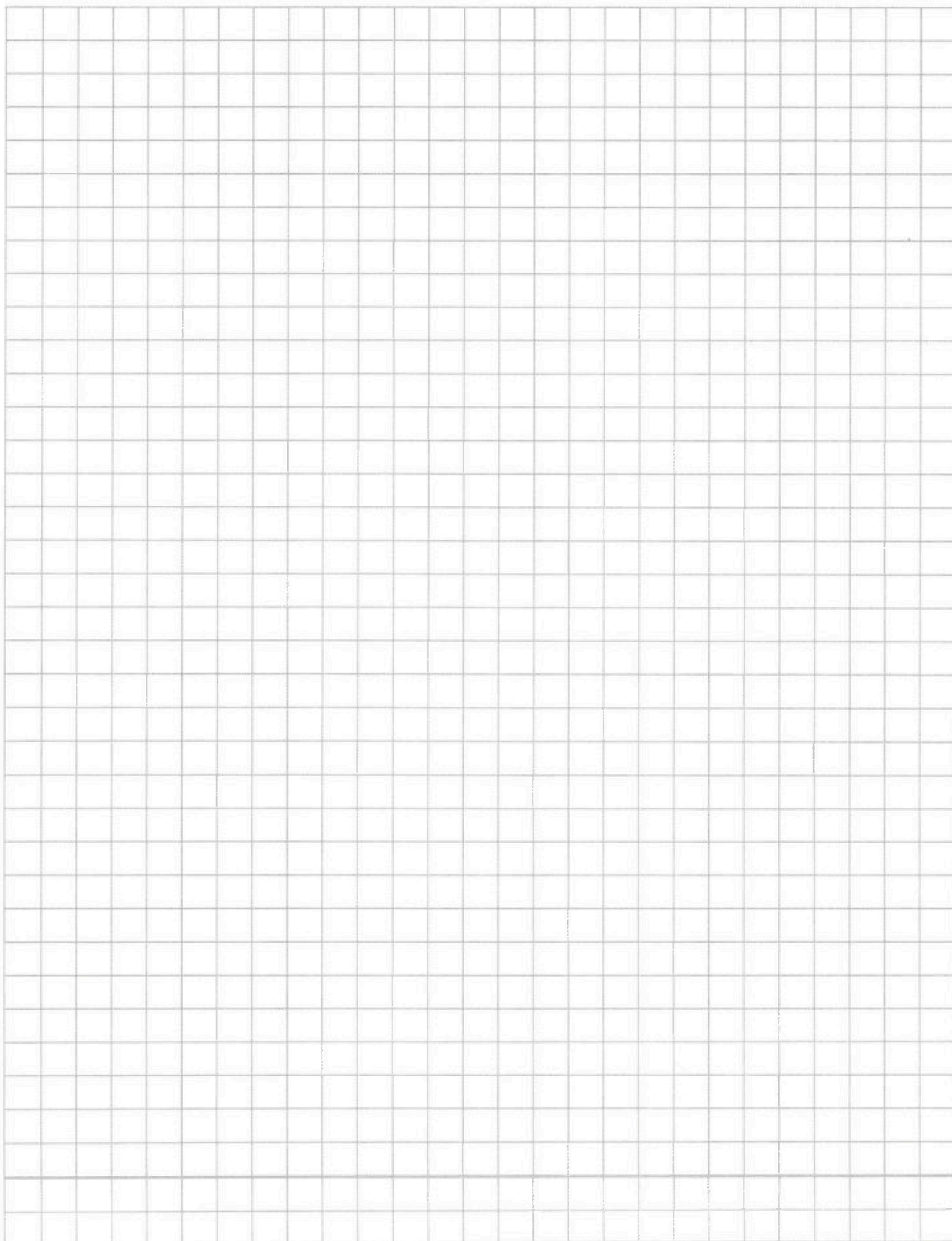


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



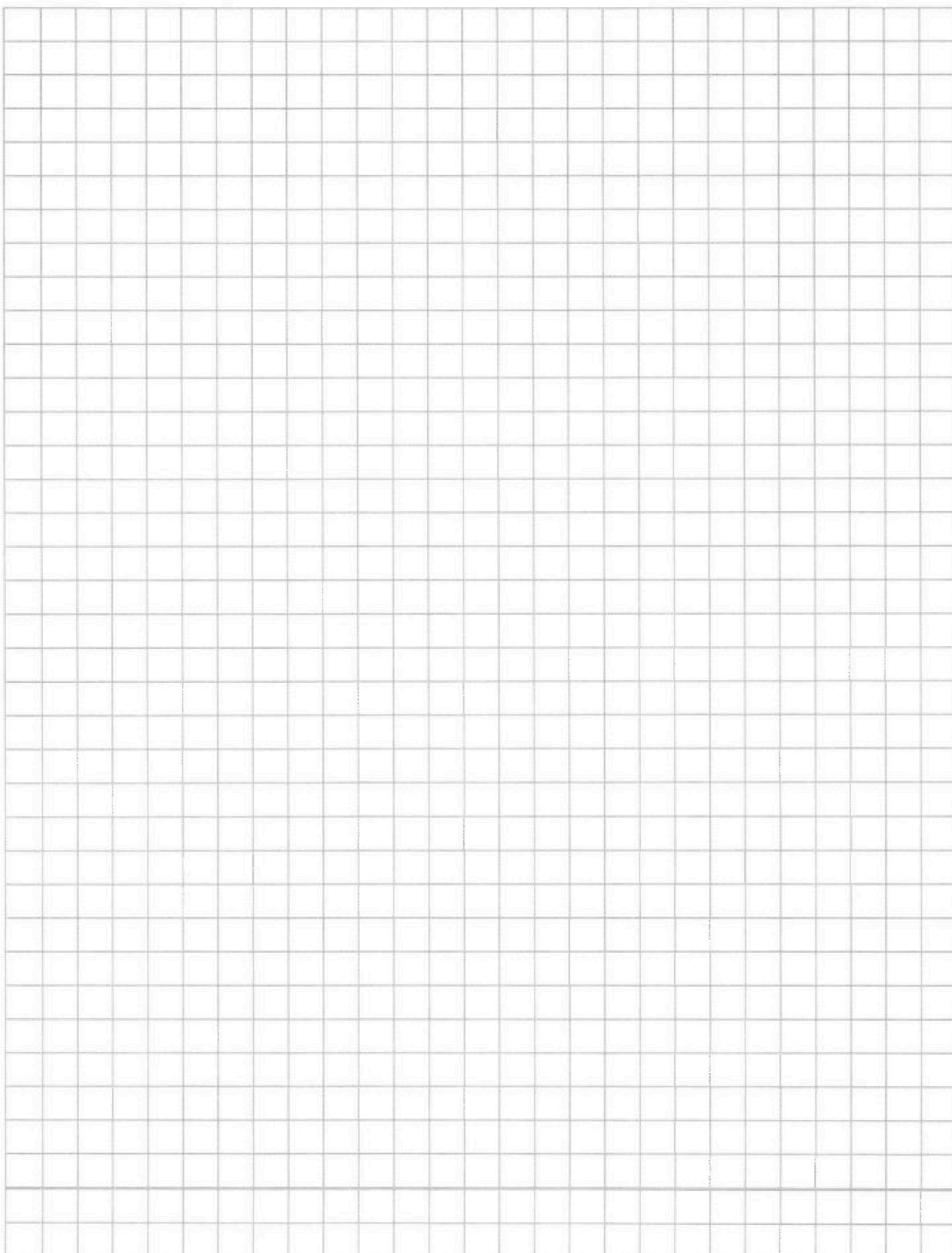


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



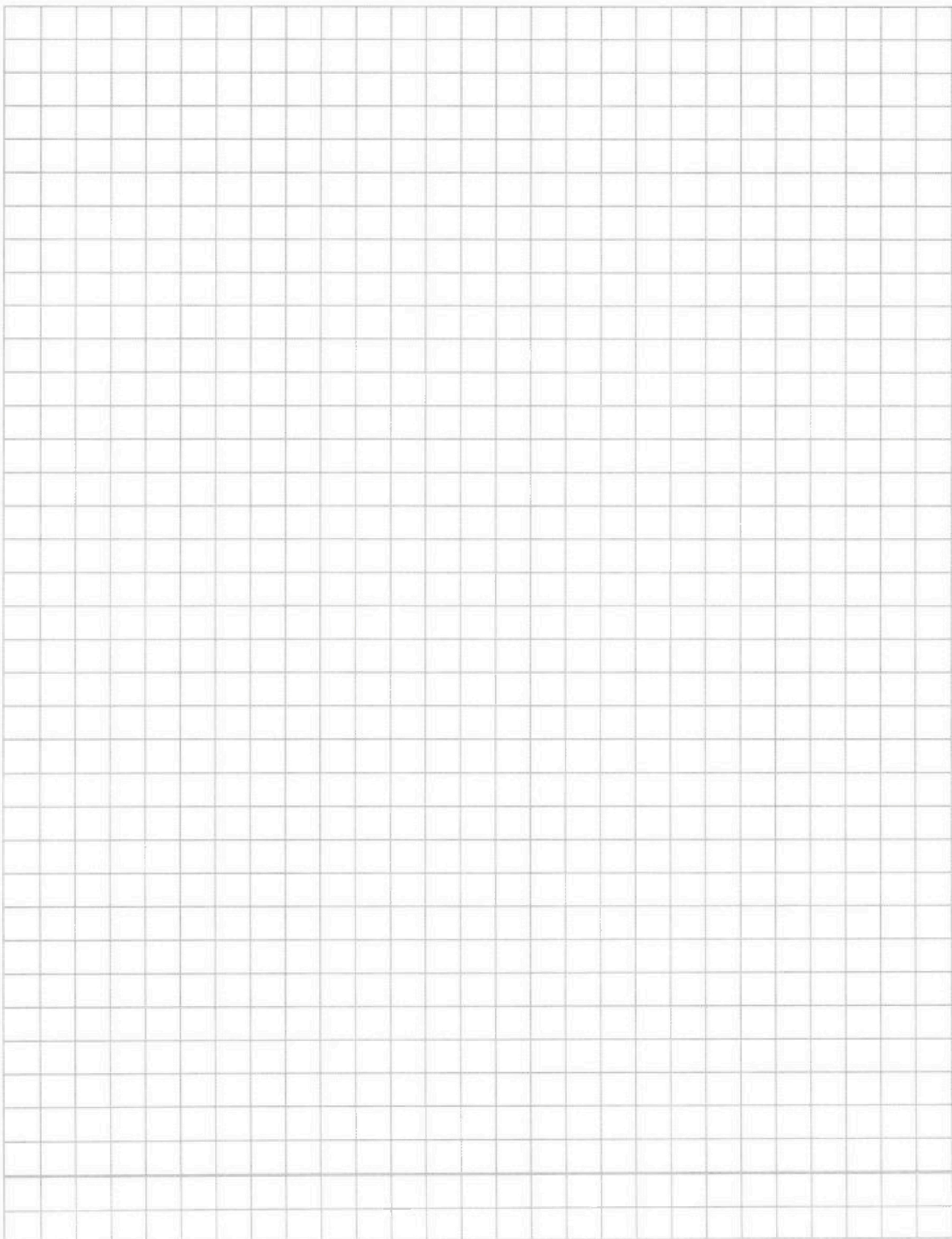


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!





На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите **номер страницы** и **суммарное количество страниц** в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

